

Milý řešiteli,

vítáme Tě u 2. série úloh 5. ročníku korespondenčního semináře MoRoUS. Jako v minulých letech i nyní Ti přinášíme úlohy ze světa profesora Morouse a jeho robotických společníků.

Řešení úloh Ti umožní nejen nahlédnout do zajímavých zákoutí umělé inteligence a robotiky, ale také zúčastnit se jarního soustředění s inspirativními lidmi, obzor rozšiřujícími přednáškami a nezapomenutelnými zážitky ;) A na nejlepší řešitele čekají na konci soutěže tematické ceny!

## 2. série 2018/2019

Termín odeslání 2. série: **14. 1. 2019**

### Kam posílat řešení?

Až budeš mít řešení hotové, pošli nám je včetně všech nákresů, programků a prostě všeho co by nám usnadnilo opravování Tvé úlohy. Stačí, když pošleš řešení jen některých úloh nebo jejich částí, i k těm Ti pošleme komentáře a přičteme za ně body ;)

Řešení posílej nejlépe e-mailem na adresu `seminar@morous.fel.cvut.cz`, nebo poštou (řešení každé úlohy v tomto případě napiš na samostatný papír A4) na adresu

Korespondenční seminář Morous,  
Katedra kybernetiky FEL ČVUT,  
Karlovo náměstí 13,  
121 35 Praha

## Úloha č. 1: Kódový zámek (20 bodů)

Jak jen ten kód byl? Robotka Karla má vadnou paměťovou jednotku. Paměti značky Queenston nejsou, jak známo, příliš kvalitní a jsou náchylné k poruchám. Karle se tak občas stane, že zapomene přístupový kód ke dveřím od skladu. A teď si je za sebou zabouchla. Ach jo...

Není to ale žádný problém, Karla prostě bude zkoušet všechny kombinace u dveří, dokud se neotevrou. Kód je čtyřmístný a je složen z náhodně vybraných cifer 0–9. Karla tedy na klávesnici zadá čtyřmístné číslo a potvrdí jej stiskem velkého zeleného tlačítka. Karle trvá zmáčknutí jednoho tlačítka jednu vteřinu a zámek zkontroluje zadanou kombinaci také za jednu vteřinu.

### Úkol 1.1

Předpokládejme, že Karle funguje alespoň operační paměť a pamatuje si kombinace, které již vyzkoušela. Nebude tedy znovu zadávat kód, který už jí jednou nevyšel.

1. Jaká je pravděpodobnost, že stihne nalézt kód dříve, než se jí vybijí baterie, která vydrží ještě 10 hodin?
2. Karla se do toho tedy pustila. Už vyzkoušela 600 možností a pěkně jí to leze na tranzistory. Nejradši by to teď vzdala. Je to ale moudré? Jaká je pravděpodobnost, že zrovna příští pokus jí otevře dveře?

### Úkol 1.2

Karle zřejmě selhala i operační paměť (značky Mandisk). Může se tedy stát, že zadá znovu kód, který již vyzkoušela.

1. Jaká pravděpodobnost včasného uhádnutí kódu nyní?
2. Její vyhlídky nejsou zrovna optimistické. Kolik by potřebovala času, aby pravděpodobnost včasného opuštění skladu byla vyšší než 80 %? A jak moc času by zabralo, aby tato pravděpodobnost byla 100 %?
3. Kája se nevzdává. Už zkouší 6000. kód a těší se, že jí to právě teď vyjde. Jaká je pravděpodobnost, že se tak skutečně stane?

### Úkol 1.3

Kája je opravdu smolařka. Zabouchla si za sebou hned troje dveře po sobě. Jaká je pravděpodobnost, že se dostane ven dříve, než se jí vybijí baterie, jestliže si nepamatuje kódy, které již zadávala?

Při řešení úlohy se může hodit vědět, že je-li  $a = b^x$ , pak  $x = \frac{\log(a)}{\log(b)}$

## Úloha č. 2: Rozpoznávání číslic (20 bodů)

Mějme obrázek o velikosti  $5 \times 7$  pixelů. Pixely v něm mohou být pouze černé, nebo bílé. I přes relativně malou velikost obrázku do něj můžeme zapsat všechny číslice (míněno arabské, čitelné pro každého gramotného člověka; číslice píšeme černými pixely).

Někteří roboti profesora Morouse používají pro rozpoznávání takových číslic nějaký typ neuronové sítě (dále NS). Tvým úkolem v této úloze bude na základě specifikace NS uvedené níže navrhnout co nejefektivnější parametry NS pro rozpoznávání číslic z našeho obrázku.

### Popis NS

Umělá neuronová síť je struktura používaná pro řešení problémů umělé inteligence. Vznikla na základě inspirace přírodními neuronovými sítěmi, proto se při jejím popisu používají některé biologické termíny. Neuronovou síť tvoří *neurony* (jedna výpočetní jednotka, analogie jednotlivých buněk) a jejich *synapse* (spojení). Více informací můžeš najít třeba na [https://cs.wikipedia.org/wiki/Umělá\\_neuronová\\_síť](https://cs.wikipedia.org/wiki/Umělá_neuronová_síť). Pro naše účely má každý neuron svůj název a nějakou hodnotu, která závisí na tom, jak zrovna vypadá rozpoznávaný obrázek. V našem případě jsou všechny neurony buď vstupní, nebo výstupní.

### Vstupní neurony

Vstupní neurony jsou ty, do kterých načítáme vstup – tedy obrázek. Ten má  $5 \times 7$  pixelů a máme proto 35 vstupních neuronů. Každý vstupní neuron odpovídá právě jednomu pixelu. Jméno vstupního neuronu je shodné s číslem udávajícím pořadí pixelu v obrázku:

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35

### Výstupní neurony

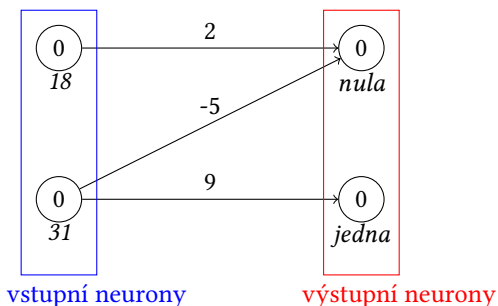
Počet a názvy výstupních neuronů se odvíjejí od typu řešené úlohy. Chceme-li, aby naše NS rozpoznávala číslice od 0 do 9, budeme mít 10 výstupních neuronů. Jejich jména budou: *nula*, *jedna*, *dva*, ..., *devet* (zapisujeme bez diakritiky). Výstupní neurony slouží k zjištění výsledku NS. Platí, že

čím vyšší je hodnota daného výstupního neuronu, tím spíše je na obrázku číslice, která neuronu přísluší.

## Synapse

V našem případě je synapse spojení mezi vstupním a výstupním neuronem. Každá synapse má svou hodnotu, té budeme říkat váha. Váhy má NS pevně dané a v závislosti na vstupu se nemění. Váhy jsou celá čísla v intervalu  $\langle -10; 10 \rangle$ . Každý vstupní neuron může být spojen s každým výstupním, ze vstupního neuronu tedy může vycházet nula až deset synapsí a do výstupního neuronu může vést nula až 35 synapsí.

Na obrázku níže je znázorněna jednoduchá NS, která má jenom dva vstupní a dva výstupní neurony. Tato neuronová síť se tedy rozhoduje pouze mezi dvěma výstupními hodnotami (*nula* a *jedna*) a to jen na základě hodnot pixelů 18 a 31. Hodnoty ostatních pixelů nemají na výstup žádný vliv. Všimni si, že zde chybí i synapse z 18 do výstupu *jedna*).



## Vyhodnocení NS

Vyhodnocení NS probíhá vždy, když chceme zjistit, která číslice je zrovna na obrázku. Postup je následující:

1. Všechny neurony nastaví svou číselnou hodnotu na 0.
2. Vstupní neurony nastaví svou hodnotu podle pixelu, který jim náleží. Pokud je pixel vybarven černě, hodnota je nastavena na 1. Pokud bíle, tak na  $-1$ .
3. Postupně vybereme všechny vstupní neurony. Každý pošle svou hodnotu do výstupních neuronů spojených synapsemi, nejprve se ale hodnota vynásobí vahou příslušné synapse. Tato vynásobená hodnota se přičte k hodnotě výstupního neuronu spojeného danou synapsí.
4. Podíváme se na výstupní neurony. Neuron s nejvyšší hodnotou odpovídá rozpoznané číslici.

## Příklad vyhodnocení

Pro demonstraci vyhodnocování použijme NS z předchozího obrázku. V závislosti na hodnotách pixelů 18 a 31 se výstup NS odvíjí takto:

Vstupní neurony		Výstupní neurony		Výsledné hodnoty		Rozpoznaná
18	31	nula	jedna	nula	jedna	číslice
1	1	$1 \cdot 2 + 1 \cdot (-5)$	$1 \cdot 9$	-3	9	jedna
1	-1	$1 \cdot 2 + (-1) \cdot (-5)$	$(-1) \cdot 9$	7	-9	nula
-1	1	$(-1) \cdot 2 + 1 \cdot (-5)$	$1 \cdot 9$	-7	9	jedna
-1	-1	$(-1) \cdot 2 + (-1) \cdot (-5)$	$(-1) \cdot 9$	3	-9	nula

Do výstupních neuronů s názvy *dva* až *devět* žádné synapse nevedou, jejich hodnota tedy bude vždy 0. S touto sítí tedy nejsme schopni rozpoznat jiné číslice než 0 a 1.

## Úkoly

### Úkol 2.1

Uprav váhy synapsí ve vzorové NS se dvěma vstupy a dvěma výstupy tak, aby co nejlépe rozpoznávala číslice 0 a 1. Synapse můžeš také libovolně přidávat a ubírat, nesmíš ale měnit vstupní ani výstupní neurony.

Synapse zapisuj v následujícím formátu: Počet řádků odpovídá počtu synapsí v NS. Na pořadí řádků nezáleží. Každý řádek obsahuje pouze tři hodnoty oddělené mezerou, tj.

VSTUPNÍ\_NEURON VÝSTUPNÍ\_NEURON VÁHA\_SYNAPE

Vzorovou NS bychom mohli zapsat následovně:

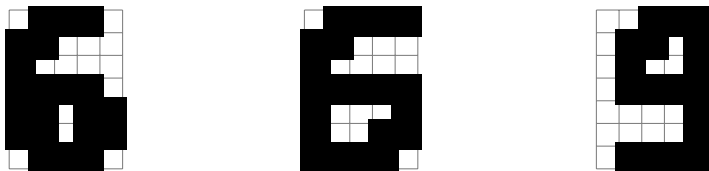
18 nula 2  
 31 nula -5  
 31 jedna 9

Pokud budeš NS zapisovat do souboru, ulož ji, prosím, v podobě prostého textu (tj. jako plain text). Ušetříš nám práci při opravování ;)

## Úkol 2.2

Vytvoř novou NS a vhodně zvol synapse a jejich váhy tak, aby NS měla co nejvyšší přesnost v odhadu, zda je na obrázku šestka, nebo devítka.

Po odevzdání otestujeme tvoji NS na 50 obrázcích. Na každém obrázku bude šestka, nebo devítka (jejich četnost bude podobná). Vyhodnocení NS tedy proběhne  $50 \times$  (jednou pro každý obrázek). Pokud se na konci každého vyhodnocení bude shodovat číslice na obrázku s názvem výstupního neuronu s nejvyšší hodnotou, započte se vyhodnocení jako úspěšné. Body získané za úkol závisí na počtu úspěšných vyhodnocení. Vezmi v úvahu následující obrázky:



Po vyhodnocení prvních dvou obrázků by neuron *sest* měl mít v obou případech vyšší hodnotu, než ostatní výstupní neurony. Při vyhodnocení třetího obrázku by nejvyšší hodnotu měl mít neuron *devet*. Všimni si, že číslice mohou být mírně deformované a i trochu posunuté. Tvá NS by si s tím měla umět poradit. Číslice na testovacích obrázcích budou pro člověka vždy jasně a jednoznačně čitelné.

## Úkol 2.3

Napiš NS, která bude umět rozpoznávat všechny číslice. Uvědom si, že například čtyřku a sedmičku píší různí lidé různě. Obrázků na kterých budeme NS testovat bude opravdu hodně, takže i slabší síť by měly získat nějaké body. NS zapiš podle stejných pravidel jako v prvním úkolu (každá by měla být v samostatném souboru, aby z názvu bylo poznat, který úkol řeší).

## Úkol 2.4

Popiš, jak tvoje NS fungují. Proč jsi parametry zvolil tak, jak jsi je zvolil? Jak jsi úlohu řešil? Přidej i odhad úspěšnosti NS a případně další poznámky.

## Úkol 2.5

Popiš, jak pozměnit pravidla, podle kterých NS stavíme, abychom mohli napsat NS s podstatně lepší kvalitou odhadu.

## Témátka

Témátka můžeš odesílat v průběhu celého roku. Je jen na Tobě, jestli k němu napíšeš program, nakreslíš obrázkové řešení, vyrobíš řešení v reálu, či jen popíšeš své myšlenky. Pokus se ale vždy přijít s nějakým svým nápadem a dobře ho zdůvodni.

### Témátka č. 1: Konec zdlouhavému psaní zpráv? (20 bodů)

Co kdyby počítače „uměly číst myšlenky“ a napsaly zprávu za Tebe? Zamysli se nad tím, jak co nejlépe vytvořit systém, který bude uživateli nabízet slova v průběhu psaní zprávy. Jaké informace a jakým způsobem využiješ? Jak se přizpůsobit konkrétnímu uživateli?